

損傷による鉄筋コンクリート部材の減衰定数の変化に関する検討

(一財) 電力中央研究所 正会員 ○永田 聖二
 同上 同上 宮川 義範

1. はじめに

著者らは、これまでに地震後の地中構造物の損傷評価に資する知見取得を目的とした繰返し載荷実験と自由振動試験を行い、RC 部材の曲げひび割れに伴う固有振動数の低下とせん断ひび割れに伴う固有モードの変化について検討してきた^{1,2)}。しかし、実際の損傷評価に際しては、振動データから1つでも多くの手掛かりを見出しておくことが望まれる。そこで本研究では、既往の実験結果²⁾に基づいて、損傷に伴う減衰定数の変化に関する分析を行う。

2. 試験体および実験条件

本研究では、表-1 に示す曲げ破壊型とせん断破壊型の試験体の2体を検討対象とする。図-1 は、試験体の外観との配筋図(曲げ破壊型)である。両試験体の違いはせん断補強筋の有無のみである。断面は $0.4\text{m} \times 0.8\text{m}$ の正方形であり、上下のスタブの中心間距離(=変形角を算出する際の基準高さ)は 2.05m である。コンクリートの圧縮強度は約 35MPa 、鉄筋の材質は SD345 である。

繰返し載荷実験では、図-2 に示す載荷装置を用いた。2本の鉛直アクチュエータによって上スタブの回転を抑制した上で約 450kN の鉛直荷重を与えながら、1本の水平アクチュエータによって水平荷重を変位制御で与えた。自由振動試験では、図-3 に示すように、繰返し載荷実験の除荷時に、プラスチックハンマーで部材中央を打撃し、その時に発生した水平加速度を計測した。減衰定数を算出する際には、加速度時系列に対して、着目する固有振動数以外の成分をバンドパスフィルターによって除去した上で、振幅減衰比による方法を適用した。

3. 履歴特性と鉛直変位の進展

図-4 は、変形角 0.9% の時の試験体の損傷状況である。水平荷重-変形角の関係と鉛直変位-経験変形角の関係をそれぞれ図-5 と図-6 に示す。両試験体ともに、変形角 0.4% の時に部材の上下端周辺で曲げひび割れが顕著になり始める。変形角が 0.9% の時には、曲げ破壊型では曲げひび割れ以外の損傷は認められないのに対して、せん断破壊型では急角度のせん断ひび割れが発生し、複雑な損傷状態となった。

表-1 試験体の諸元

項目	単位	せん断破壊型	曲げ破壊型
コンクリート圧縮強度	MPa	34.5	35.6
軸方向鉄筋比	%	0.57	0.57
せん断補強筋比	%	0	0.71
試験体のせん断耐力	kN	310.7	958.1
試験体の曲げ耐力	kN	465.7	465.9
耐力比(曲げ/せん断)	%	0.67	2.06

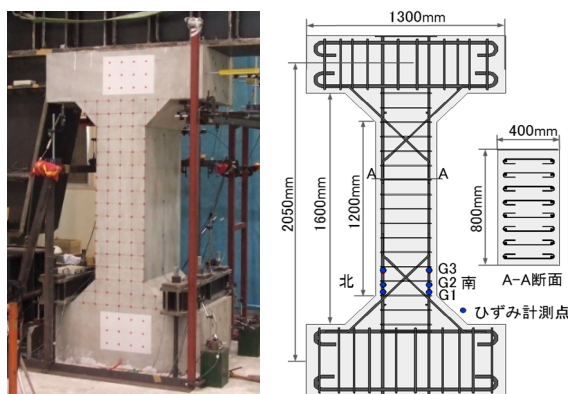


図-1 試験体の外観と配筋図

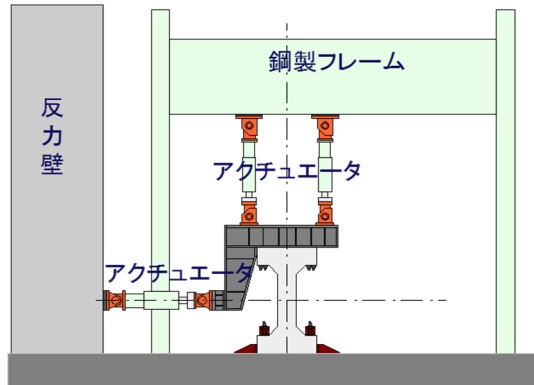


図-2 繰返し載荷実験における載荷装置

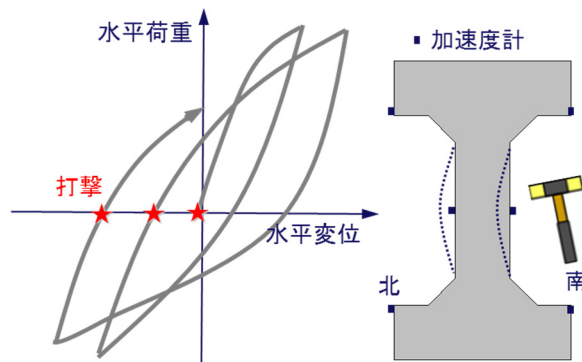


図-3 自由振動試験における打撃のイメージ

キーワード 鉄筋コンクリート部材, 繰返し載荷, 自由振動試験, 減衰定数, 固有振動数, 経験変形角

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財) 電力中央研究所 地球工学研究所 TEL 04-7182-1181

図-5によると、両試験体ともに変形角 0.4%付近から曲げ降伏する。曲げ降伏後になると、曲げ破壊型では、安定した履歴ループを描くのに対して、せん断破壊型では、せん断ひび割れに起因する耐力低下が生じている。また、図-6によると、試験体頂部の鉛直変位は、曲げ破壊型では、変形角 0.6%の時に 1mm 程度に達し、その後は概ね単調に増加する。せん断破壊型でも、変形角 0.6%までは曲げ破壊型と同様な傾向を示す。しかし、変形角 0.9%になると、曲げ破壊型と比較すると明らかに鉛直変位は下がっており、せん断ひび割れに伴う沈下が生じたことを示している。

4. 損傷に伴う減衰定数の変化

図-7は、減衰定数と経験変形角の関係を、固有振動数の結果と併せて示している。同図では、評価値のばらつきを確認するため、同一状態で行った 3 回分の打撃による結果を同時に示している。まず、参考のため示した図-7(b)を見ると、曲げ破壊型では、経験変形角 0.4%以上になると固有振動数の低下が顕著となり、1.6%以降になると低下が緩やかになる。せん断破壊型でも概ね曲げ破壊型と同様な固有振動数の低下傾向を示しているが、せん断ひび割れ発生時に、固有振動数の評価値がややばらつく傾向がある。

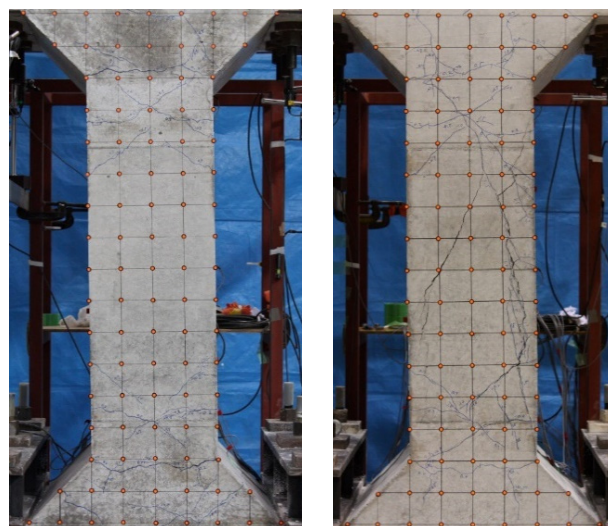
一方、本題である図-7(a)を見ると、減衰定数は、両試験体ともに未載荷時から変形角 0.3%以下では 1%~2.5%の範囲に分布する。部材が曲げ降伏した変形角 0.4%以降になると上昇し、3%~4%程度になる。曲げ破壊型では、変形角 0.6%以降は減衰定数の増大は認められないが、せん断破壊型では、せん断ひび割れ発生時に減衰定数が増加するとともに、ばらつきが顕著となる。減衰定数と前述の固有振動数の変化し始める変形角 (0.4%) は、部材が曲げ降伏する変形角 (図-5 参照)、ならびに鉛直変位が増大し始めた変形角 (図-6 参照) と概ね対応している。これらの結果は、部材が曲げ降伏してひび割れが開いたまま残留すると、振動特性の変化が顕著となることを示唆している。

5. まとめ

本検討における RC 部材の減衰定数は、繰返し載荷実験によって曲げ降伏するとやや上昇し、せん断ひび割れが発生すると著しく上昇するとともに、ばらつきが顕著になる傾向が認められた。このような減衰定数の傾向は、地震後の損傷評価における一つの手掛かりとなり得る。ただし、減衰定数の評価値は、実験条件や評価方法などによってばらつくと考えられるため、今後、さらなる実証データの蓄積と分析を行う予定である。

参考文献

- 1) 永田聖二, 宮川義範, 金澤健司, 松村卓郎: せん断ひび割れの進展に伴う RC 壁試験体の固有振動数低下の検出, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp. 787-762, 2011.
- 2) 永田聖二, 宮川義範, 金澤健司: 面外繰返し変形を受ける RC 部材の損傷形態と振動特性変化の関係, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.2, pp. 1721-1726, 2014.



(a) 曲げ破壊型

(b) せん断破壊型

図-4 試験体の損傷状況 (変形角 0.9%)

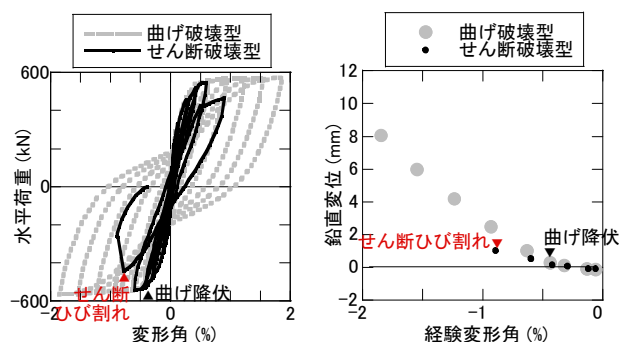
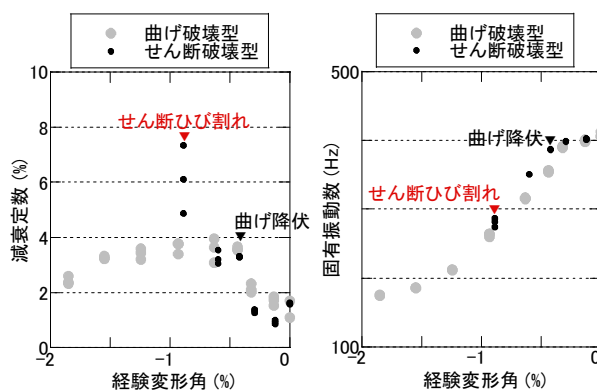


図-5 荷重—変形角の関係

図-6 鉛直変位の進展



(a) 減衰定数

(b) 固有振動数

図-7 振動特性と経験変形角の関係